

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Biociências – Departamento de Genética
Laboratório de Citogenética e Evolução

Trabalho de Conclusão de Curso:

**Morfometria Geométrica em crânios de representantes do gênero *Ctenomys*
(Rodentia: Ctenomyidae) na região Centro-Oeste do Brasil.**

Autor: Luiz Eduardo Jorge Ribas

Orientador: Thales Renato Ochotorena de Freitas

Co-orientador: Leonardo Trindade Leipnitz

Comissão de Graduação em Ciências Biológicas

Porto Alegre, Junho de 2018

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUÇÃO.....	5
O Gênero <i>Ctenomys</i>	5
A região de estudo.....	7
Morfometria Geométrica.....	8
OBJETIVOS.....	8
MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO.....	13
CONCLUSÕES.....	14
BIBLIOGRAFIA.....	15

RESUMO

Tamanho e forma são características fundamentais para o estudo de Biologia Evolutiva. Os roedores subterrâneos apresentam alto grau de convergência morfológica, como corpo fusiforme e pavilhão auditivo reduzido. O hábito de viver em galerias subterrâneas proporciona um ambiente mais homogêneo possibilitando a ocupação de diferentes formações vegetais. Apesar da similaridade nas formas desses organismos, diversos estudos abordam diferenças morfológicas intra e interespecíficas para o grupo. Neste trabalho, aplicamos o método de morfometria geométrica em crânios de representantes do gênero *Ctenomys* na região Centro-Oeste do Brasil para verificar padrões de estruturação morfológica. A região de estudo é resultado de uma dinâmica de expansão e regressão florestal sobre a savana, gerando mosaicos de formações vegetacionais. As amostras foram agrupadas conforme o local de coleta e foram verificados padrões de estruturação em relação as linhagens mitocondriais propostas e distribuição geográfica. As localidades foram analisadas para forma e tamanho através de marcos anatômicos para as vistas ventral, dorsal e lateral. Diferenças de tamanho foram verificadas através de uma ANOVA e para forma realizamos uma MANOVA com as coordenadas de forma. Porcentagens de classificação correta foram geradas através do método de Jack-Knife para as localidades e linhagens propostas. As vistas ventral e dorsal são mais informativas, apresentando, porém, padrões de estruturação diferentes. A vista ventral recupera o sinal filogenético proposto para as linhagens mitocondriais, enquanto a vista dorsal parece sofrer mais influência ambiental. A vista lateral parece ser altamente variável, não apresentando relação com os grupos analisados. As vistas ventral e dorsal recuperam estruturas distintas, porém a vista lateral possui marcos anatômicos representantes das duas vistas, podendo justificar o resultado encontrado. A técnica trouxe informações importantes para o estudo de um grupo com poucos dados disponíveis, indicando a existência de variados morfotipos na região. As análises para a vista ventral podem apresentar um padrão mais nítido se gaps de amostragem forem preenchidos. Para testar a relação ambiental com o sinal apresentado pela vista dorsal, é necessário maior número de localidades pertencentes a uma mesma linhagem.

ABSTRACT

Size and shape are fundamental characteristics for Evolution Biology studies. Subterranean rodents show a great degree of morphologic convergence, like fusiform body and reduced auditory pavilion. The habit of living in underground galleries provides homogeneous environment, making possible the occupation of different vegetational formations. Despite the similarity in shape between those organisms, many studies approach morphologic differences intra and interspecific to the group. In this study, we applied the geometrics morphometrics method in cranial struture representative of *Ctenomys* in the mid-west of Brazil to verify morphological structure patterns. The region is result of an expansion/regression dynamic between forest and savana areas, creating the vegetational mosaic present today. Samples were grouped by collect sites and were analyzes for structuring patterns relative to the mitochondrial lineages currently proposed and to geographic distribution. Sites were analyzed for shape and size through landmarks for ventral, dorsal and lateral views of cranial structure. Differences in size were verified through an ANOVA and for shape differences we performed a MANOVA with shape coordinates. Percentages of correct classification were generated through Jack-Knife method, to localities and proposed lineages groups. Ventral and dorsal views are more informative, showing, however, different structuring pattern. Ventral view recovers the phylogenetic signal proposed by mitochondrial lineages, while dorsal view seems to have a greater environmental influence. The lateral view is too variable and do not show any pattern relative to groups analyzed. Ventral and dorsal views show different regions of cranial structure, while lateral view recovers parts of the two views, this fact may justify the result for this view. Appling morphometrics geometrics technique brought relevant information for studies of a poorly known group, showing the existence of several morphotypes in the region. Ventral view analyzes may show clear pattern if sampling gaps were filled. To test environmental relation with signal showed by dorsal view, it's necessary a bigger sample of sites within the same lineage.

INTRODUÇÃO

Tamanho e forma são importantes propriedades que emergem da interação entre base genética e fatores ambientais externos e internos, fundamentais para estudos de Biologia Evolutiva (Sebastião e Marroig, 2013; Fabres *et al*, 2012). A ordem RODENTIA, mais numerosa entre os mamíferos (Patton, Pardinãs e D'Elía, 2015; Agrawal, 1967), dispersou-se por todos os continentes, exceto Antártida, compreendendo grande diversidade ecológica (Samuels, 2009). A adaptação a nichos especializados reflete-se em variações na estrutura morfológica, notadamente do aparato de alimentação (Agrawal, 1967). Convergências morfológicas e ecológicas entre roedores que ocupam nichos semelhantes são bem documentadas (Agrawal, 1967; Fabres *et al*, 2012; Samuels, 2009).

Os roedores subterrâneos possuem alto grau de convergência morfológica relacionadas ao hábito de viver em tocas, como corpo fusiforme e orelhas externas reduzidas (Lacey *et al*, 2000). As galerias subterrâneas proporcionam ambientes homogêneos e possibilitam a ocupação de diferentes formações limitadas por fatores como dureza do solo e disponibilidade de alimento, por exemplo (Marcy *et al*, 2009). Embora a forma desses organismos tenha convergido durante a história evolutiva dos roedores subterrâneos, diversos são os estudos que abordam diferenças morfológicas intra e interespecíficas nesse grupo (Marcy *et al*, 2009; Fornel *et al*, 2012), utilizando, em sua maioria, a estrutura craniana.

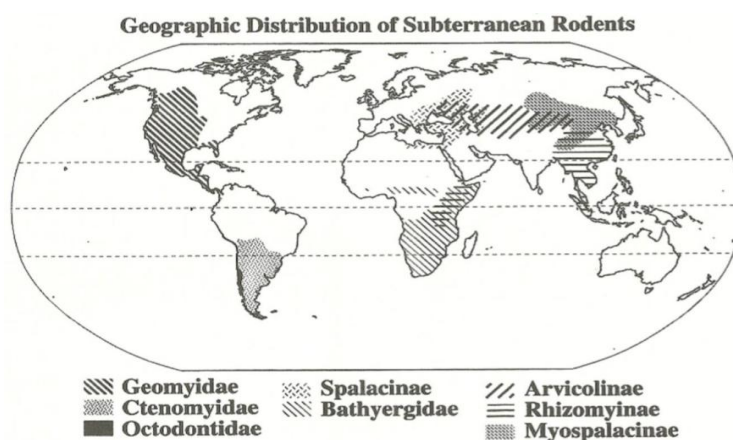


Fig.1: Distribuição geográfica dos roedores subterrâneos (Lacey *et al*, 2002)

O gênero *Ctenomys*

Conhecidos como tuco-tucos, em referência ao som que emitem, o gênero *Ctenomys* Blainville, 1826, teve origem no Noroeste da Argentina (Verzi, 2009), seguida por uma especiação explosiva com repetidos eventos de dispersão (Lessa e Cook, 1998; Parada *et al*, 2011). O gênero ocupa áreas abertas com solo pouco compactado e distribui-se na metade sul da América do Sul, da Patagônia argentina aos estados de Mato Grosso e Rondônia, no Brasil. (Bidau, 2015; Freitas, 2016). Com

aproximadamente 70 espécies descritas (Freitas, 2016) é o gênero de roedor subterrâneo mais especioso (Lacey *et al*, 2000) apresentando grande variabilidade cariotípica – $2n = 10$ (*Ctenomys steinbachi*) a $2n = 70$ (*Ctenomys dorbyigni*) (Anderson, Yates e Cook, 1987; Woods e Kilpatrick, 2005). São roedores fossoriais, que passam a maior parte da vida em galerias subterrâneas e destas saem somente para alimentação, reprodução e dispersão. Possuem cerdas nas patas e incisivos proeminentes que auxiliam na escavação das tocas.

***Ctenomys* no Brasil**

Ocorrem no Rio Grande do Sul cinco espécies de tuco-tucos já conhecidas e bem estudadas. *Ctenomys torquatus* Lichtenstein 1830, *Ctenomys minutus* Nehring 1887, *Ctenomys lami* Freitas 2001, *Ctenomys flamarioni* Travi 1981, e *Ctenomys ibicuiensis* Freitas *et al* 2012.

Na região do Mato Grosso, foi descrito *C. nattereri* Wagner, 1848, cuja localidade tipo é Cáceres. O naturalista Alípio de Miranda-Ribeiro, 1914, descreve *C. bicolor* para uma região incerta, que após inúmeros levantamentos se estabeleceu no que hoje seria o estado de Rondônia (RO) (Bidau e Ávila-Pires, 2009). Há também o registro de *C. rondoni*, mas sua localização permanece desconhecida. Os dados disponíveis para o gênero na região limitavam-se a poucos crânios depositados em museus, além de descrições taxonômicas baseadas na morfologia externa. A partir de 2007, novas expedições coletaram indivíduos de nove localidades (Cáceres - CA, Pontes e Lacerda - PL, Sapezal - SP, Nova Mutum - NM, Nova Olímpia - NO, Nova Uiratã 1 - NU1, Nova Uiratã 2 - NU2 e Feliz Natal - FN no Mato Grosso (MT) e Pimenta Bueno - PB, em Rondônia - RO), que incluem as localidades tipo de *C. nattereri* e *C. bicolor*. Stolz *et al* (2013) revalidaram *C. bicolor* próximo a Pimenta Bueno-RO. Leipnitz *et al*, 2018 *in prep.*, através do marcador mitocondrial Citocromo b

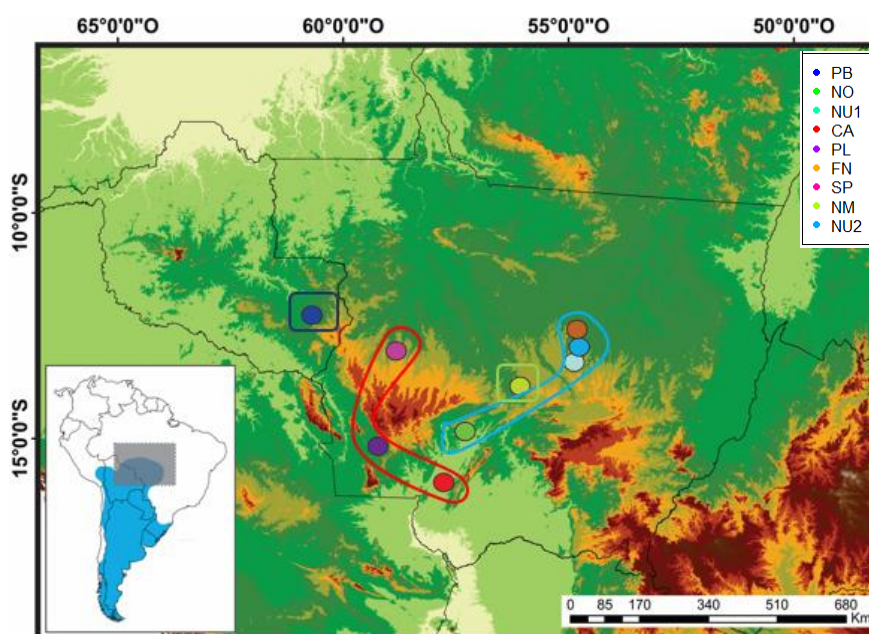


Fig. 2: Localidades amostradas na região Centro-Oeste. Em detalhe, a distribuição do gênero.

(*Cyt-B*), identificaram a presença de quatro clados na região (Fig. 2), sendo *C. nattereri* – CA, PL e SP (linha vermelha), *C. bicolor* – PB (azul escuro), o clado central – NM (verde) e clado Xingu – NO, NU1, NU2 e FN (azul claro), todos derivados do grupo *boliviensis*.

A região de estudo

A região amostrada situa-se em uma área de confluência de Floresta Amazônica e Savana, cujo encontro gera uma zona de tensão ecológica caracterizada pela formação chamada “Cerradão”. Estudos indicam que a vegetação da região acompanhou as variações climáticas ao longo do tempo, com avanços e recuos da Floresta sobre o Campo e vice-versa, gerando o atual mosaico (Ackerly, 1989; van der Hammen, 1994). O Planalto dos Parecis é o divisor dos biomas Floresta Amazônica e Cerrado, formando a Floresta Associada ao Planalto dos Parecis, estendendo-se em sentido Leste em direção à Reserva do Xingu. Associadas a essa vegetação estão as localidades de Sapezal, Feliz Natal, Nova Ubitatã1 e Nova Ubitatã2. Em Sapezal, localizada em cima do Planalto dos Parecis, os ambientes florestais restringem-se às margens dos rios, predominando ambientes de savana. Nova Mutum encontra-se no limite sul da Floresta Associada ao Planalto dos Parecis, em uma região de transição com o Cerradão. Ao sul do Planalto dos Parecis, Nova Olímpia, Cáceres e Pontes e Lacerda localizam-se em uma zona de transição entre a Floresta Estacional e a Savana. Em Cáceres, porém, predomina a Savana Pantaneira, sujeita a inundações, enquanto em Pontes e Lacerda documenta-se existência de Floresta Estacional pura. Pimenta Bueno, em Rondônia, é caracterizado pela Floresta Ombrófila, além de áreas de tensão ecológica desta com formações de Cerrado. (Gomes e Santos, 2002). Todas as localidades amostradas são

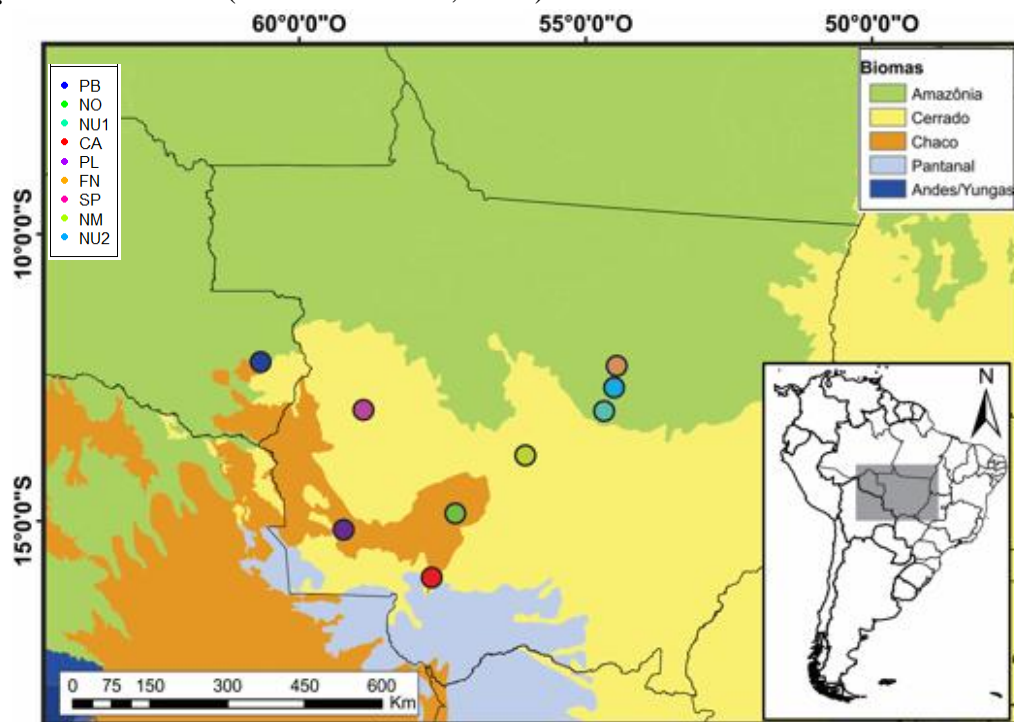


Fig. 3: Formações vegetais na região de estudo.

impactadas por atividades antrópicas, desde atividade madeireira até garimpo e o desmatamento para implementação de culturas agrícolas, levando a região a ser conhecida como o arco do

desflorestamento.

Morfometria Geométrica

O método de Morfometria Geométrica, sintetizado após o esforço independente e convergente de Goodall (1983), Bookstein (1984) e Kendall (1984) em combinar as informações da biologia, geometria e estatística (Fornel e Estrela, 2012), trouxe avanços importantes no campo do estudo da variação das formas dos organismos, começando por definir o conceito de forma, estabelecido como a informação geométrica que resta quando os efeitos de posição, rotação e o tamanho são retirados de um objeto (Goodall, 1991; Fornel e Estrela, 2012) e capturado através de marcos anatômicos, pontos que contém informações importantes da forma e possuem homologia entre as amostras (Monteiro e Reis, 1999). Bookstein, 1989, desenvolveu o método *thin-plate spline (TPS)*, em que os marcos anatômicos, são projetados em placas infinitesimalmente finas e as formas resultantes de duas ou mais amostras são superimpostas conforme o critério estabelecido (Rohlf e Marcus, 1993). O resultado gera a visualização das variações geométricas em “grids de deformação” e possibilita quantificação relativa das variações através de análises multivariadas, como funções discriminantes e análise de componentes principais (Bookstein, 1986). Estas técnicas permitem a visualização do espaço de forma dos indivíduos, gerando grupos e formas médias utilizados para analisar diferenças morfológicas entre grupos propostos por análises moleculares.

OBJETIVOS

Analisar a estruturação morfológica de indivíduos de *Ctenomys* das localidades amostradas através do método de morfometria geométrica em crânios.

- Testar a estruturação morfológica das localidades em relação as linhagens mitocondriais atualmente propostas

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Foram utilizados 67 crânios de indivíduos do gênero *Ctenomys* (machos e fêmeas) referentes a sete localidades (Cáceres (CA) – N = 9; Pontes e Lacerda (PL) – N = 9; Sapezal (SP) – N = 4; Pimenta Bueno (PB) – N = 9; Nova Mutum (NM) – N = 10; Nova Olímpia (NO) – N = 6; Nova Ubiratã1 (NU1) – N = 8; Nova Ubiratã2 (NU2) – N = 7 e Feliz Natal (FN) – N = 5) da região Centro-Oeste do Brasil, todos depositados no Laboratório de Citogenética e Evolução da UFRGS.

Morfometria Geométrica

Os crânios foram fotografados em vista ventral, dorsal e lateral, com câmera Canon G10 digital, com máxima resolução (4416 x 3312), função macro ativada e flash desligado. A digitalização dos marcos anatômicos para cada vista, *sensu* Fernandes *et al* (2009), foram realizadas através do software TPSDig (Rohlf, 2010) gerando coordenadas de forma que foram analisadas no software R, através do pacote *geomorph*.

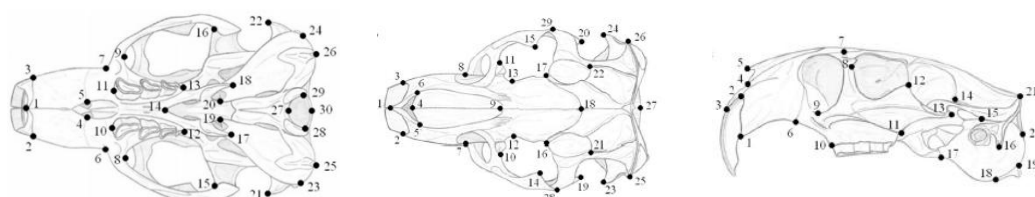


Fig. 4: Marcos anatômicos para a vista ventral, dorsal e lateral (Fornel *et al*, 2012, adaptado)

Análises

Foi realizada a análise generalizada de procrustes (GPA) (Goodall, 1991) para alinhamento de posição das imagens superimpostas e ajuste do tamanho, tomado como base o tamanho de centroide médio da amostra para cada vista. A média das magnitudes dos centroides de cada vista foi considerado como *proxy* para tamanho do respectivo indivíduo (Fernandes *et al*, 2009). Para análise da forma, as coordenadas de forma foram simetrizadas nas vistas dorsal e ventral (Klingenberg *et al*, 2002). Para verificar existência de dimorfismo sexual para tamanho utilizamos teste T de student. Diferenças para tamanho e forma entre localidades foi utilizado Análise de Variância (ANOVA) e uma Análise Multivariada da Variância (MANOVA), respectivamente. A análise dos componentes principais (PCA) foi realizada para verificar possível estruturação dos dados (Monteiro e Reis, 1999) e foi baseada nas coordenadas de forma para cada indivíduo. Diferença entre localidades foi verificada através de análises de variáveis

canônicas (CVA), com grupos definidos *a priori* (local da coleta). A coesão dos grupos foi testada pela função linear discriminante, através de porcentagens de classificação correta.

RESULTADOS

Os dados apresentam distribuição normal para tamanho (Shapiro test; $p=0.1491$), inexistindo dimorfismo sexual para essa característica (teste T de student; $p=0.7725$) assim como para forma ($p=0.343$; 0.339 e 0.678 para as vistas ventral, dorsal e lateral respectivamente). Portanto machos e fêmeas foram agrupados para as análises posteriores. A ANOVA para tamanho do crânio apresentou a localidade de Sapezal significativamente menor em relação a todas outras localidades (Fig. 5). A análise dos componentes principais não apresenta estruturação, com os dois primeiros eixos correspondendo somente a 44,9% da variação para vista dorsal (PC1=28,1%; PC2=16,8%), 43,2% para a vista ventral (PC1=29,9%; PC2=13,3%) e 36% para a vista lateral (PC1=22,9%; PC2=13,1%).

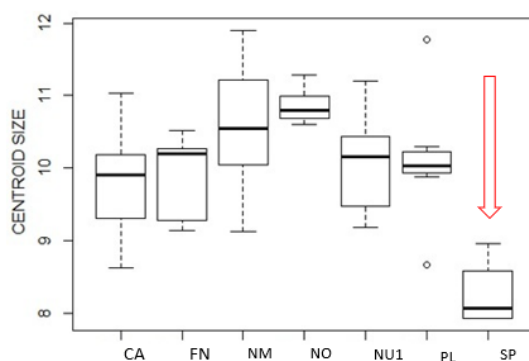


Fig. 5: Boxplot para tamanho do centroide por localidade

A análise das variáveis canônicas para a vista ventral (Fig. 6) recupera para o eixo CV1 os clados moleculares propostos por Leipnitz *et al* (2018, *in prep.*), apresentando um contínuo de morfotipos, enquanto o CV2 separa *C. bicolor* das demais. Para as vistas dorsal (Fig. 7) e lateral (Fig. 8), o eixo CV2 distingue as localidades próximas a Reserva do Xingu (NM, FN, NU1 e NU2) das demais

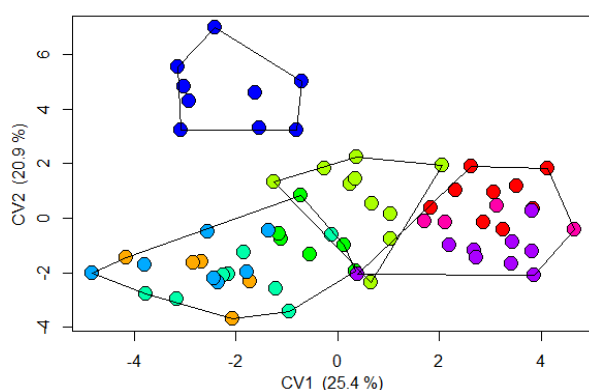


Fig. 6: CVA vista ventral

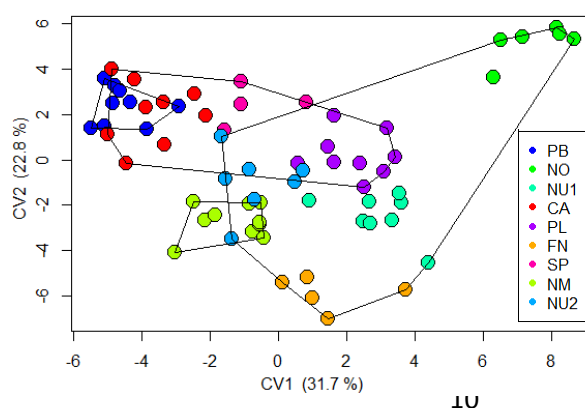


Fig. 7: CVA vista dorsal

localidades, porém o CV1 apresenta localidades dispersas, sem qualquer estruturação. *C. bicolor* se sobrepõe a localidades de *C. nattereri* para estas vistas. Para a vista dorsal a sobreposição é em relação a Cáceres e para a vista lateral ocorre em relação a Pontes e Lacerda.

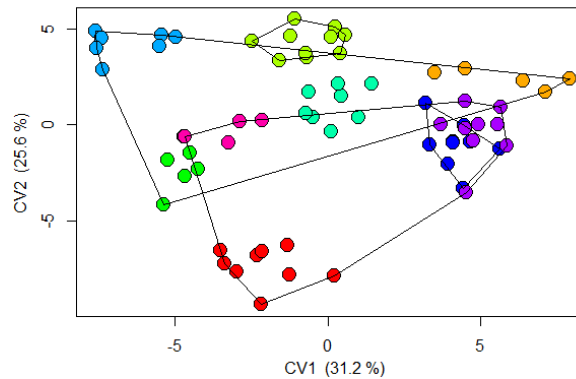


Fig. 8: CVA vista lateral

A MANOVA das variáveis da forma indica diferenças significativas entre as localidades amostradas para as três vistas. As análises entre pares apresentam localidades distintas entre si em quase todas comparações, exceto FN e NU1, que não possuem diferenças significativas. A taxa de classificação correta para as localidades através de Jack-Knife foi de 68,65%, 86,57% e 67,16% para as vistas ventral, dorsal e lateral. Para a vista ventral, 45,5% dos erros de classificação dispuseram os indivíduos conforme o clado mitocondrial e outros 18% classificam como sendo de Nova Mutum. A vista dorsal apresenta quatro localidades com todos indivíduos corretamente classificados (SP, NU1, NO e PB), 44% dos erros de classificação para essa vista indicou que os indivíduos eram de Nova Mutum e 33% foram classificados em localidades do clado mitocondrial de origem. A vista lateral não apresenta resultados informativos, apesar de Cáceres possuir todos indivíduos corretamente classificados, as demais apresentam erros de classificação dispersos entre as localidades amostradas, não correspondendo aos agrupamentos propostos. Considerando os erros que dispuseram os indivíduos nos clados de origem como classificação correta para clado, as porcentagens de acerto são, respectivamente, 83,58%, 91,04% e 64,17% para a vista ventral, dorsal e lateral. Com exceção de CA, FN e NO, todas as localidades tiveram indivíduos classificados como provenientes de Nova Mutum.

Tabela 1: Porcentagens de classificação correta de cada localidade para a vista ventral. Vermelho: indivíduos classificados dentro do mesmo clado molecular. Verde: Indivíduos classificados erroneamente como proveniente de Nova Mutum. 100% das localidades indicado pela somatória da linha correspondente.

	CA	FN	NM	NO	NU1	NU2	PB	PL	SP
CA	66,67	0	11,11	11,11	0	0	0	11,11	0
FN	0	80,00	0	0	20,00	0	0	0	0
NM	0	0	80,00	0	0	10,00	10,00	0	0
NO	0	0	16,67	66,67	0	0	0	16,67	0
NU1	0	12,50	0	12,50	62,50	12,50	0	0	0
NU2	0	14,29	14,29	0	14,29	57,14	0	0	0
PB	0	0	11,11	0	0	11,11	77,78	0	0
PL	22,22	0	0	11,11	11,11	0	0	55,56	0
SP	0	0	0	0	0	0	0	25,00	75,00

Tabela 2: Porcentagens de classificação correta de cada localidade para a vista dorsal. Vermelho: indivíduos classificados dentro do mesmo clado molecular. Verde: Indivíduos classificados erroneamente como proveniente de Nova Mutum. 100% das localidades indicado pela somatória da linha correspondente.

	CA	FN	NM	NO	NU1	NU2	PB	PL	SP
CA	66,67	0	11,11	0	0	0	11,11	11,11	0
FN	0	60,00	20,00	0	20,00	0	0	0	0
NM	0	10,00	90,00	0	0	0	0	0	0
NO	0	0	0	100	0	0	0	0	0
NU1	0	0	0	0	100	0	0	0	0
NU2	0	0	14,29	0	0	85,71	0	0	0
PB	0	0	0	0	0	0	100	0	0
PL	0	0	11,11	0	0	0	0	77,78	11,11
SP	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Tabela 3: Porcentagens de classificação correta de cada localidade para a vista lateral. Vermelho: indivíduos classificados dentro do mesmo clado molecular. Verde: Indivíduos classificados erroneamente como proveniente de Nova Mutum. 100% das localidades indicado pela somatória da linha correspondente.

	CA	FN	NM	NO	NU1	NU2	PB	PL	SP
CA	100	0	0	0	0	0	0	0	0
FN	0	60,00	0	0	20,00	0	0	20,00	0
NM	0	10,00	70,00	0	10,00	0	0	0	10,00
NO	16,67	0	0	50,00	16,67	16,67	0	0	0
NU1	0	12,50	25,00	12,50	50,00	0	0	0	0
NU2	0	0	28,57	0	0	71,43	0	0	0
PB	0	0	11,11	0	11,11	0	66,67	11,11	0
PL	0	11,11	11,11	0	11,11	0	0	66,67	0
SP	0	0	50,00	0	0	0	0	0	50,00

DISCUSSÃO

Sapezal é a única localidade que difere quanto ao tamanho, sendo significativamente menor quando comparado a todas outras. Marcy *et al* (2009) sugere intensa pressão para tamanhos corporais menores em solos mais macios, permitindo tocas menores e mais estáveis. A disponibilidade de alimento também possui relação com o tamanho (Patton e Brylski, 1987). Levantamentos preliminares apontaram Sapezal como a única localidade amostrada com predomínio de ambientes savânicos, com formações florestais restritas às margens dos rios. A densidade de raízes nos solos savânicos tende a ser menor do que na floresta, resultando em um solo mais macio. Borges *et al* (2017) encontraram relação positiva entre tamanho do crânio e força de mordida no gênero *Ctenomys*, apesar desta relação não ter sido clara para densidade do solo. Maestri *et al* (2016) sugerem que temperatura e pluviosidade média, altitude e produtividade primária podem estar relacionadas com a variabilidade no tamanho.

A PCA não foi informativa para estruturação das localidades. Apesar de algumas localidades apresentarem nuvens mais coesas, a grande maioria dispõe os indivíduos distribuídos por amplas áreas do morfoespaço. Leipnitz *et al* (2018, *in prep.*) discutem que as localidades amostradas pertencem ao grupo *boliviensis*, compartilhando o último ancestral comum com *C. boliviensis* com origem estimada em 0.43 milhões de anos atrás (mya) e a divergência entre os clados para 0.20 mya. Além disso, as variações climáticas geraram sucessivas modificações na paisagem na qual estão inseridas as linhagens, como a expansão da savana em épocas mais frias e a retomada da floresta em épocas mais quentes (van der Hammen, 1994). Bookstein (2015) cita a ineficiência da PCA em estruturar amostras intimamente relacionadas, pois ao agrupar os dados através dos eixos de maior variação possibilita que sejam consideradas regiões de variação aleatória, que não são informativas para observar padrões evolutivos. De fato, marcos anatômicos de baixa homologia, como os que capturam distâncias máximas e mínimas e pontos médio de estruturas não possuem confiabilidade justamente por serem altamente variáveis. Porém, tais marcos são indispensáveis na representação geral da forma de cada indivíduo.

Os processos que atuaram moldando a forma dos organismos estudados se desenvolveram em um contexto de instabilidade ambiental, com sucessivas modificações na paisagem. A presença de diferenças significativas em relação a forma decorre de particularidades na evolução dos grupos dentro dessa região. A baixa vagilidade característica das espécies de *Ctenomys* (Lacey *et al*, 2000) pode ter favorecido a diferenciação apresentada.

A análise das variáveis canônicas (CVA) reduz a dimensão das variáveis ao descontar da matriz de dados individuais, uma matriz com a média do grupo proposto (Rohlf e Bookstein, 1990), aqui representada pelas localidades. Tal medida minimiza os efeitos de variações aleatórias no crânio. A CVA apresenta um resultado de difícil interpretação funcional, sendo útil para testar hipóteses de relação (Bookstein, 2015).

Assim, quando os indivíduos são agrupados conforme a localidade de origem, padrões de estruturação são encontrados. A vista ventral recupera os padrões filogenéticos encontrados por Leipnitz *et al* (2018, *in prep.*), com um contínuo de morfotipos distribuídos ao longo do gradiente de distribuição geográfica das localidades do Mato Grosso. Dentro das linhagens recuperadas, as localidades que compõem a linhagem *C. sp. "XINGU"* que ocupam a Floresta Associada aos Parecis, apresentam a maior taxa de sobreposição dos morfoespaços, indicando também influência ambiental na forma do crânio capturada por essa vista. A vista dorsal é a que mais reflete a distribuição geográfica, com as localidades ao leste da distribuição diferindo-se das associadas a Floresta Associada ao Planalto dos Parecis e a Nova Mutum, que ocupa a transição desta formação com o Cerrado. A vista lateral tende a apresentar um padrão semelhante a vista dorsal, porém a dispersão das localidades torna a análise confusa.

A alta porcentagem de classificação para Nova Mutum, de amostras de outras localidades, pode ter influência da localização central desta dentro da distribuição estudada tanto quanto das características transicionais do local, abrangendo as duas principais formações da região.

CONCLUSÕES

A técnica de morfometria geométrica aplicada aos crânios dos representantes do gênero *Ctenomys* na região Centro-Oeste acrescentou informações relevantes sobre padrões morfológicos na área amostrada. A forma do crânio apresenta estruturas diferentes conforme a vista analisada, representada por padrões de estruturação distintos. A CVA para a vista ventral nos permite afirmar que os indivíduos de localidades mais próximas filogeneticamente possuem também formas do crânio mais similares: *C. nattereri*, representado por CA, PL e SP; *C. bicolor* em PB; *C. sp. "XINGU"* em NO, NU1, NU2 e FN e *C. sp. "CENTRAL"* amostrada em Nova Mutum. A vista dorsal distingue algumas localidades com morfotipos únicos ao mesmo tempo que agrupa locais com características ambientais semelhantes, sugerindo uma maior resposta ambiental para esta vista.

A proximidade filogenética das linhagens estudadas e a instabilidade ambiental histórica da região amostrada influenciam na falta de padrão dos dados através da PCA, apresentando grande variabilidade morfológica para todas as vistas. Algumas localidades apresentam manchas mais coesas, indicando que com um aumento do N amostral para cada localidade talvez seja possível observar tendências para a forma. A análise do crânio através de módulos, como por exemplo marcos anatômicos limitados a região do palato, pode ajudar a elucidar a estruturação das localidades através da PCA. Para verificar os fatores ambientais relacionados à forma para a vista dorsal, se faz necessária uma maior amostragem de localidades de uma mesma linhagem, como forma de minimizar os efeitos de diferenças de base genética.

BIBLIOGRAFIA

- Ackerly DD, Thomas WW, Ferreira, CAC Pirani, JR. (1989). The Forest-Cerrado transition zone in southern Amazônia: Results of the 1985 Projeto Flora Amazônica Expedition to Mato Grosso. *Brittonia*, 41(2), 113-128.
- Agrawal VC (1967). Skull adaptations in fossorial rodents. *Zoological Survey of India*.
- Anderson S, Yates TL, Cook JA. (1987). Notes on Bolivian mammals, 4: The genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae) in the eastern lowlands. *American Museum Novitates* 2891:1-20.
- Bidau CJ, Ávila-Pires FD. (2009). On the type locality of *Ctenomys bicolor* Miranda Ribeiro, 1914 (Rodentia: Ctenomyidae). *Mastozool. neotrop.* v.16 n.2 Mendoza jul./dic. 2009.
- Bidau CJ. (2015). Family Ctenomyidae. In Patton, J.L., Pardiñas, U.F.J. & D'Elía, G. *Mammals of South America Vol. 2: Rodents*. The University of Chicago Press Books.
- Bookstein FL (1986). Size and Shape Spaces for Landmark Data in Two Dimensions – *Statistical Science*, 1, 181-242
- Bookstein FL. (2015). The Relation Between Geometric Morphometrics and Functional Morphology, as Explored by Procrustes Interpretation of Individual Shape Measures Pertinent to Function. *The Anatomical Record*, 298, 314-327.
- Borges LR, Maestri R, Kubiak BB, Galiano D, Fornel R e Freitas TRO. (2017). The role of soil features in shaping the bite force and related skull and mandible morphology in the subterranean rodents of genus *Ctenomys* (Hystricognathi: Ctenomyidae) – *Journal Of Zoology*, 301, 108-117
- Fabre PH, Hautier L, Dimitrov D e Douzery EJP (2012). A glimpse on the pattern of rodent diversification: a phylogenetic approach – *BMC Evolutionary Biology*, 12:88
- Fernandes FA, Fornel R, Cordeiro-Estrela P, Freitas TRO (2009). Intra- and interspecific skull variation in two sister species of the subterranean rodent genus *Ctenomys* (Rodentia, Ctenomyidae): coupling geometric morphometrics and chromosomal polymorphism – *Zoological Journal of the Linnean Society*, 155, 220-237
- Fornel R, Cordeiro-Estrela P e Freitas TRO (2010). Skull shape and size variation in *Ctenomys minutus* (Rodentia: Ctenomyidae) in geographical, chromosomal polymorphism and environmental contexts – *Biological Journal of the Linnean Society*, 101, 705-720
- Fornel, R e Cordeiro-Estrela P. (2012). Morfometria Geométrica e a Quantificação da Forma dos Organismos. In: Jorge R. Marinho, Luiz U. Hepp; Rodrigo Fornel. (Org.). *Temas em Biologia: Edição comemorativa aos 20 anos do Curso de Ciências Biológicas e aos 5 anos do PPG-Ecologia da URI Campus de Erechim*. 1ed.Erechim: EDIFAPES, p. 101-120.

- Freitas TRO. Family Ctenomyidae. (2016). pp 499 - 534, in: Wilson D.E., Lacher, T.E. Jr. & Mittermeier, R.A. eds (2016). Handbook of the Mammals of the World: Lagomorphs and Rodents I, Vol. 6. Lynx Editions, Barcelona.
- Gomes MAV e dos Santos MV (2002). Relatório Técnico de Vegetação Consolidado para o estado do Mato Grosso – Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do estado do Mato Grosso – PRODEAGRO
- Goodall C. (1991) – Procrustes Methods in the Statistical Analysis of Shape – Journal of The Royal Statistical Society, 2, 285-339
- Klingenberg CP, Barluenga M, Meyer A. (2002). Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution*, 56, 1909 – 1920.
- Lacey AP, Patton JL, Cameron GN. (2000). Life Underground: The Biology of Subterranean Rodents. Chicago: University of Chicago Press.
- Lessa EP, Cook JA. (1998). The Molecular Phylogenetics of Tuco-Tucos (genus *Ctenomys*, Rodentia: Octodontidae) Suggests an Early Burst of Speciation. *Molecular Phylogenetics and Evolution* Vol. 9, No. 1, February, pp. 88–99.
- Maestri R, Fornel R, Gonçalves GL, Geise L, Freitas TRO e Carnaval AC (2016). Predictors of intraspecific morphological variability in a tropical hotspot: comparing the influence of random and non-random factors – *Journal of Biogeography*, 43, 2160-2172.
- Marcy AE, Hadly EA, Sherratt E, Garland K e Weisbecker V (2016). Getting a head in hard soils: Convergent skull evolution and divergent allometric patterns explain shape variation in a highly diverse geuns of pocket gophers (*Thomomys*) – *BMC Evolutionary Biology*, 16:207.
- Monteiro LR e Reis SF. (1999). Princípios de Morfometria Geométrica. Holos Editora, Ribeirão Preto (Brasil).
- Parada A, D’Elía G, Bidau CJ, Lessa EP. (2011). Species groups and the evolutionary diversification of tuco-tucos, genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae). *Journal of Mammalogy*, 92(3):671–682.
- Patton JL e Brylski PV (1987). Pocket Gophers in alfalfa fields: Causes and consequences of Habitat-related Body Size variaton – *The American Naturalist*, 130, 4.
- Patton JL, Pardiñas UFJ and D’Elía, G. (2015) *Mammals of South America*, Vol. 2. University of Chicago Press, Chicago.
- Rohlf JF e Bookstein FL (1990). Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop – The University of Michigan Museum of Zoology – Special Publication N° 2.
- Rohlf JF e Marcus LF (1993). A Revolution in Morphometrics – *TREE*, 8
- Samuels, JX (2009). Cranial morphology and dietary habits of rodents – *Zoological Journal of the Linnean Society*, 156, 864-888.

Sebastião H e Marroig G (2013). Size and shape in cranial evolution of 2 marsupial genera: *Didelphis* and *Philander* (Didelphimorphia, Didelphidae) – Journal of Mammalogy, 94(6): 1424-143.

Van de Hammen T, Absy ML (1994). Amazonia during the last glacial – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 109, 247-261.

Verzi DH, Olivares AI e Morgan CC (2009). The oldest South American tuco-tuco (late Pliocene, northwestern Argentina) and the boundaries of the genus *Ctenomys* (Rodentia, Ctenomyidae). Mammalian Biology 75:243–252.

Woods CA, Kilpatrick CW. (2005). "Infraorder Hystricognathi". In Wilson, D. E. & Reeder, D. M. *Mammal Species of the World* (3rd ed.). Johns Hopkins University Press. pp. 1538–1600. ISBN 978-0-8018-8221-0. OCLC 62265494.